PROJET D'INFORMATIQUE

2ÉME ANNÉE

GROUPE 202.4

VIRTUAL TP

MANUEL D'UTILISATION

Golumbeanu Monica

Lambert Pauline

Medrea Florin

Ocello Andrea

INTRODUCTION

Virtual TP est une application destinée à aider les étudiants pour la préparation et la compréhension des expériences effectuées durant les séances des Travaux Pratique (TP) de Physique. Étant donné la complexité et la diversité des fonctionnalités proposées par l'application elle peut être utilisée pour simuler des circuits électriques et effectuer des mesures théoriques.

L'application permet de créer des circuits en utilisant des dipôles passifs. Pour l'analyser, le logiciel propose des voltmètres, ampèremètres, wattmètres ainsi qu'un oscilloscope. Les mesures détaillées seront présentées sous forme des graphiques, diagrammes et tableaux.

Ce manuel d'utilisation présente les fonctionnalités de ce logiciel ainsi que son mode d'emploi. De plus, ce manuel contient des éléments théoriques ainsi que des références concernant les circuits électriques, considérées utiles pour la compréhension du mode de fonctionnement de l'application.

SOMMAIRE

1.Détails techniques de l'application....5
2. L'écran principal....5
2.1.Vue d'ensemble....5
2.2. Le panneau de configuration....6
I. Modifier les paramètres....6
3. Les éléments disponibles....7
3.1.Le générateur....7
3.2.Le fil conducteur....7
3.3.L'interrupteur....7
3.4.La résistance....7
3.5.Le condensateur....7
3.6.La bobine....7
3.7.Le voltmètre....8
3.8.L'ampèremètre....8
3.9.Le wattmètre....8
3.10.L'oscilloscope....8
4. Le circuit....9
4.1.Le potentiel électrique et la différence du potentiel....9
I.Rappels théoriques Généraux....9
4.2.Le courant électrique....9
4.3.La masse....10
4.4.Le nœud....10
4.5.La connexion en série....10
4.6.La connexion en parallèle....10
5. L'oscilloscope....11
5.1.Utilisation....11
5.2.La configuration – Onglet Réglage....11
5.3.Les mesures – Onglet Mesure....13
5.4.L'acquisition – Onglet Acqui....13
6. Le panneau « Mesures »....14
7. Le tableau....16
7.1.La configuration des données d'entrée....16
7.2.Les résultats....16
8.Le graphique....17
8.1.Introduction....17
8.2.Utilisation....17
9.Le diagramme de Bode....18
9.1.Introduction....18
9.2.Les données d'entrée....18
9.3.La configuration de la courbe....19
I.L'axe des fréquences (Ox)....19
II.L'axe De Gain/PHASE (oy)....19
9.4.L'exploitation des données....19
10.Contact....20

1. Détails techniques de l'application

L'application **Virtual TP** est entièrement gratuite et se trouve à l'adresse http://www.virtualtp.tk ou http://cipcgw.insa-lyon.fr/~fmedrea/.

Virtual TP est une application développé avec le langage **Java** (http://java.sun.com/). En effet pour exécuter ce logiciel votre navigateur web doit disposer d'une version de « **La Machine Virtuelle Java »** (http://www.java.com/fr/download/index.jsp) de version au moins 6.

2. L'écran principal

2.1. Vue d'ensemble

La Figure 1 présente une vue d'ensemble de l'interface principale de l'application. On peut différencier trois zones importantes: la zone design circuit, la zone paramétrage et la zone mesures.

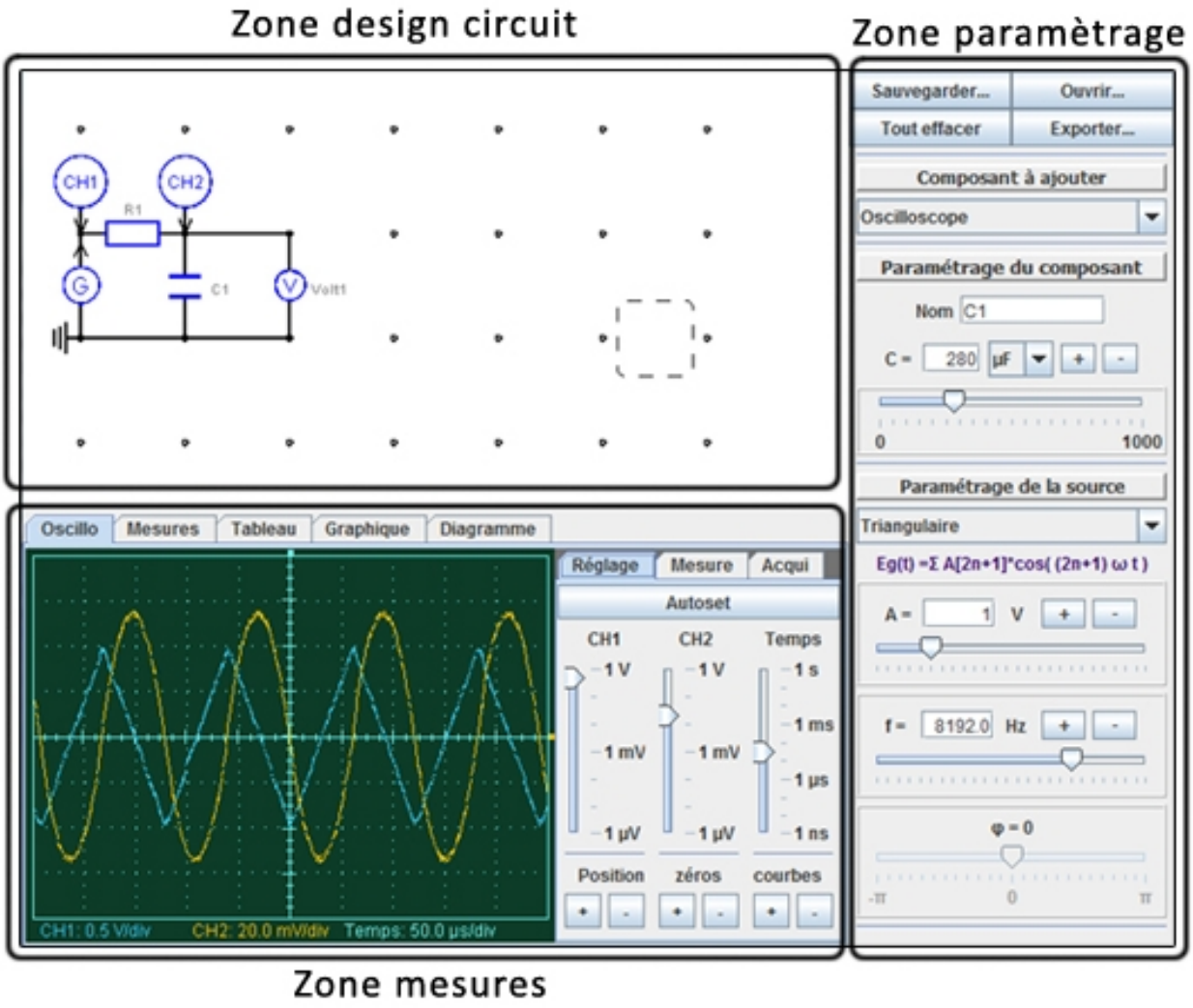

Figure 1: Vue d'ensemble de l'application principale

2.2. *Le panneau de configuration*

Le panneau de configuration se trouve dans la zone de paramétrage. Il vous permet de configurer les éléments qui font partie du circuit. Choisissez l'élément que vous voulez ajouter dans la liste de composants à ajouter, puis cliquez sur l'endroit du circuit où vous voulez le placer. Pour supprimer un élément double-cliquez sur celui-ci. Pour tout supprimer, vous pouvez utiliser le bouton « Tout effacer » dans le menu en haut à droite.

Vous pouvez aussi Sauvegarder/Ouvrir un circuit, ainsi qu'exporter les résultats sous forme d'un fichier PDF que vous pouvez imprimer.

I. MODIFIER LES PARAMÈTRES

Le Générateur

Vous pouvez à tout moment modifier les paramètres du générateur, à l'aide du menu "Paramétrage de la source".

Tout d'abord, sélectionnez le type de signal que vous souhaitez étudier; vous avez le choix entre un signal sinusoïdal, rectangulaire, triangulaire ou sinusoïdal redressé. De plus, vous pouvez tester vos connaissances en analysant le signal inconnu.

Changez l'amplitude (A) et la fréquence (f) à l'aide des boutons +/- ou des curseurs. Vous pouvez aussi entrer les valeurs à l'aide de votre clavier numérique. Attention, seuls des nombres réels sont acceptés.

Déplacez le curseur du bas pour modifier la phase à l'origine. Elle peut être comprise entre -π et + π . Cette option devient inutilisable lors de l'utilisation d'autres signaux que celui sinusoïdal.

Les Composants

Pour modifier les paramètres d'un élément du circuit, cliquez sur lui. Sa couleur devient rouge et cela signifie qu'il est sélectionné.

Vous pouvez alors modifier certains paramètres tels que le nom et la valeur caractéristique de l'élément sélectionné dans le menu à droite "Paramétrage du composant".

Sélectionnez l'unité de la valeur que vous allez entrer puis utilisez le curseur (en cliquant sur les *sliders*), les boutons +/- ou le clavier numérique pour entrer la valeur de R, L ou C.

Attention

Lorsque le circuit est valide et fonctionne une flèche apparaitra proche du générateur. Cette flèche indique également la direction de courant partant de la source (voir Figure 2).

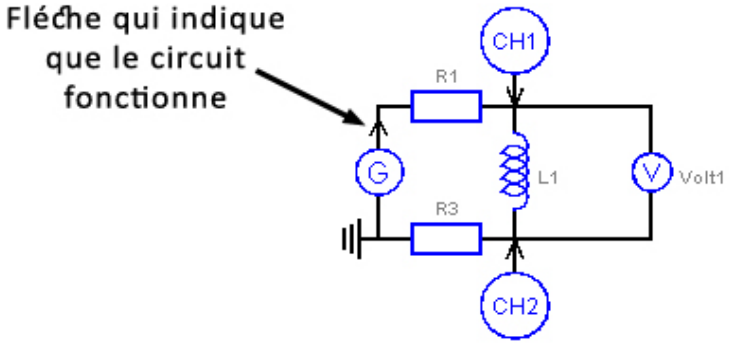

Figure 2: Exemple de circuit valide

3. Les éléments disponibles

3.1. Le générateur

Le générateur est une source d'énergie. Il peut être générateur de courant ou de tension. Dans notre cas, nous avons choisi d'utiliser un générateur de courant. Il est possible d'envoyer différents types de signaux (sinusoïdal, triangulaire, rectangulaire, …) et de choisir leur fréquence ainsi que leur amplitude.

> **Attention**
>
> Dans la réalité, un générateur a souvent une résistance interne (certes faible mais à prendre en compte suivant les types de circuits à analyser) que vous devez ajouter en série.

3.2. Le fil conducteur

Le fil relie deux nœuds sans provoquer de chute de potentiel.

3.3. L'interrupteur

L'interrupteur possède deux positions: ouvert et fermé. Fermé, il équivaut alors à un fil et n'implique pas de chute de potentiel. Ouvert, il fait chuter le potentiel à zéro.

3.4. La résistance

La résistance est un dipôle électrique qui provoque une chute de potentiel entre les deux nœuds auquel il est relié. Elle est caractérisée par la proportionnalité du courant qui la traverse et la différence de potentiel entre ses bornes.

Aucun déphasage n'apparaît. Son impédance équivalente est purement réelle: $Z = R$. La tension entre ses bornes vaut: $U = R \cdot I$.

3.5. Le condensateur

Un condensateur est un dipôle dont l'intérêt de base est de pouvoir recevoir et rendre une charge électrique, dont la valeur est proportionnelle à la tension. Il se caractérise par sa capacité C et provoque un déphasage du courant qui la traverse ($-\frac{\pi}{2}$). Son impédance est imaginaire pure et vaut : $Z = \frac{1}{j \cdot C \cdot \omega} = \frac{-j}{C \cdot \omega}$. Son comportement électrique idéal est : $i = C\frac{du}{dt}$.

3.6. La bobine

Une bobine est un dipôle formé d'un enroulement de spires de fil autour d'un noyau vide ou non. C'est un dipôle auto-inductif caractérisé principalement par son inductance, mais également par une résistance (celle du fil, a priori faible), mais principale responsable des pertes par effet Joule. Il est donc nécessaire de placer la bobine en série avec une résistance (r) pour modéliser correctement le dipôle.

Ce dipôle provoque un déphasage du courant qui le traverse (+ $\frac{\pi}{2}$). Son impédance est vaut $Z = j \cdot L \cdot \omega$

Son comportement est ainsi donné par: $u = L\frac{di}{dt} + r\,i$.

3.7. Le voltmètre

Le **voltmètre** est un appareil qui permet de mesurer la tension (ou différence de potentiel électrique) entre deux points, grandeur dont l'unité de mesure est le volt (V).

> **Attention**
>
> Un voltmètre se branche toujours en parallèle.

Il effectue la différence de potentiel entre les deux nœuds du circuit auxquels il est raccordé. Pour qu'il ne modifie pas la tension à mesurer, sa résistance doit être idéalement infinie.

3.8. L'ampèremètre

Un **ampèremètre** est un appareil de mesure de l'intensité d'un courant électrique dans un circuit. L'unité de mesure est l'ampère (A).

> **Attention**
>
> Un ampèremètre se branche toujours en série.

L'ampèremètre mesure l'intensité qui le traverse. Pour que sa présence ne modifie pas l'intensité du courant à mesurer, sa résistance interne devrait être idéalement nulle.

3.9. Le wattmètre

Le **wattmètre** est un appareil qui mesure la puissance électrique consommée par un récepteur ou fournie par un générateur électrique.

> **Attention**
>
> Un wattmètre se branche toujours en parallèle avec l'élément dont on veut connaître la puissance consommée.

3.10. L'oscilloscope

Un **oscilloscope** est un instrument de mesure destiné à visualiser un signal électrique, le plus souvent variable au cours du temps. Il possède généralement deux voies (appelées communément CH1 et CH2). On le branche sur le circuit en parallèle, la sortie étant toujours reliée à la masse.

4. LE CIRCUIT

4.1. Le potentiel électrique et la différence du potentiel

I. RAPPELS THÉORIQUES GÉNÉRAUX

Le **potentiel électrique** (synonyme de tension électrique) est l'une des grandeurs définissant l'état électrique d'un point de l'espace. Son unité est le volt.

> Le **volt** (symbole : **V**) est l'unité SI de force électromotrice et de différence de potentiel (ou tension).
>
> On doit ce nom à Alessandro Volta, inventeur italien de la pile électrique en 1800.
>
> Il correspond à la différence de potentiel électrique qui existe entre deux points d'un circuit parcouru par un courant constant de 1 ampère lorsque la puissance dissipée entre ces deux points est égale à 1 watt.
>
> $$1\,\mathrm{V} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{A}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{M}}{\mathrm{A}\cdot\mathrm{S}} = \frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{A}\cdot\mathrm{s}^3} = \frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{C}\cdot\mathrm{s}^2}$$

La **différence de potentiel** ou **tension** est une valeur algébrique (c'est-à-dire qu'elle peut être positive, négative ou nulle). On la représente sur les schémas électriques par une flèche allant *d'un point B vers un point A* lorsqu'on veut représenter le potentiel du point A par rapport à celui du point B.

$$U(a,b) = V(a) - V(b)$$

Sa mesure s'effectue en physique comme en biologie grâce à un voltmètre ou à un oscilloscope qui sont toujours placés en dérivation ou parallèle, par rapport au circuit ou à l'objet bipolaire à mesurer.

Le potentiel est toujours défini à une constante près. En électricité il est fréquent que l'on prenne comme référence des potentiels (le potentiel qui sert de *zéro*) le potentiel de la terre (que l'on abrège par **terre**) mais cela n'est pas une obligation. Quel que soit le choix opéré, le point de référence dans le circuit dont le potentiel est fixé à 0 volt est appelé **point froid**. Selon les dispositifs il peut être relié soit à la **masse** (carcasse métallique du dispositif), soit à la **terre**, soit au deux.

4.2. Le courant électrique

L'électricité se déplace, pour les applications humaines, en courant dans des fils ou des câbles conducteurs. Plus la tension *U* est élevée, plus la propulsion des électrons est importante (pour un générateur), donc dangereuse pour nous.

Le symbole de l'intensité électrique est *I* et son unité l'Ampère, tirée nom du physicien du même nom. On parle souvent de courant I par abus de langage. Le courant correspond à un débit d'électron dans un matériau conducteur. On peut réaliser une analogie avec l'eau : l'écoulement dans un tuyau des molécules d'eau entre deux points de hauteurs différentes est analogue à l'écoulement d'électrons circulant dans un câble conducteur électrique entre deux points de potentiel différents.

Le courant peut-être continu (indépendant du temps) ou alternatif (s'il change régulièrement et périodiquement de sens). Dans le second cas, il est caractérisé par sa fréquence (en Hz). C'est le nombre d' « allers-retours » qu'effectue le courant électrique en une seconde

4.3. La masse

Dans un circuit électrique, la branche de référence des potentiels électriques est appelée la ***masse*** (ou la terre). Dans la grande majorité des cas le potentiel électrique de cette branche est de 0 volt.

4.4. Le nœud

Un nœud est un embranchement. Dans notre application, chaque élément est branché entre deux nœuds. Si un nœud est connecté à seulement deux éléments, alors ils sont branchés en série. Au contraire, si un nœud est connecté à trois ou plus éléments alors ces éléments seront en parallèle.

4.5. La connexion en série

Un **circuit en série** désigne un circuit électrique (ou une branche d'un circuit électrique), où les composants (résistances, condensateurs, générateurs, etc.) appartiennent à la même branche. Dans un circuit en série, le même courant passe à travers chaque composant électrique. Ainsi, les courants traversant chaque composant sont égaux. On a: $I_{noeud} = I_1 = I_2 = \ldots = I_n$.

4.6. La connexion en parallèle

Un **circuit en parallèle** est un circuit électrique dont les branches sont connectées par des nœuds communs. Dans le cas d'un élément à deux bornes, les éléments en parallèle partagent une paire de nœuds.

Dans un circuit en parallèle, les branches sont soumises à la même tension mais le courant n'est pas le même dans chaque branche (sauf cas particuliers). Pour un nœud se divisant en *n* branches, on a la relation : $I_{noeud} = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$ où I_n est le courant qui traverse la branche *n*. Cette relation indique donc que la somme des courants dans chaque branche est égale au courant de nœud.

5. L'OSCILLOSCOPE

5.1. Utilisation

Une fois votre circuit terminé, veuillez placer un ou deux oscilloscope(s) sur le circuit. Il est à remarquer que vous ne pouvez placer que la borne d'entrée de l'oscilloscope. En effet, la sortie doit toujours être reliée à la masse (automatiquement placée en dessous du générateur, vous reconnaîtrez le sigle). Vous pouvez alors visualiser les valeurs des tensions en fonction du temps sur la partie gauche de l'oscilloscope. La voie 1 se nomme CH1 (courbe jaune), et la voie 2 se nomme CH2 (courbe bleue).

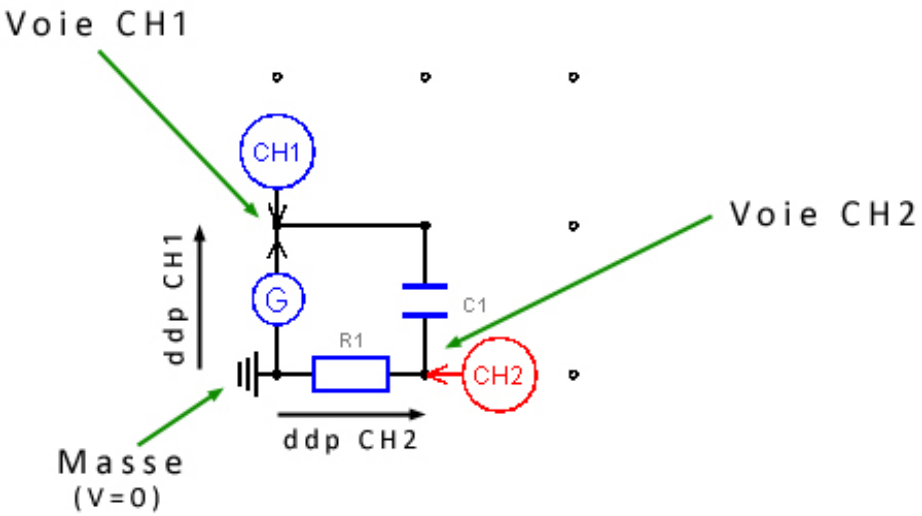

Figure 3: Démonstration d'utilisation d'oscilloscope

5.2. La configuration – Onglet Réglage

Pour visualiser correctement les signaux, vous devez régler les échelles en temps et en tension à l'aide des curseurs sur la partie droite de l'oscilloscope. Les valeurs des échelles sont inscrites en bas de l'écran de l'oscilloscope pour chaque courbe.

Vous pouvez aussi régler les positions des zéros des courbes à l'aide des boutons +/- en bas. Un point de la couleur de la courbe sur le côté droit de l'écran indique la position du zéro de chaque courbe. Ceci peut vous permettre de différencier des courbes qui se superposent.

Le bouton ***AutoSet*** peut faire ces réglages à votre place, cependant il est conseillé de faire les réglages seul pour s'entraîner.

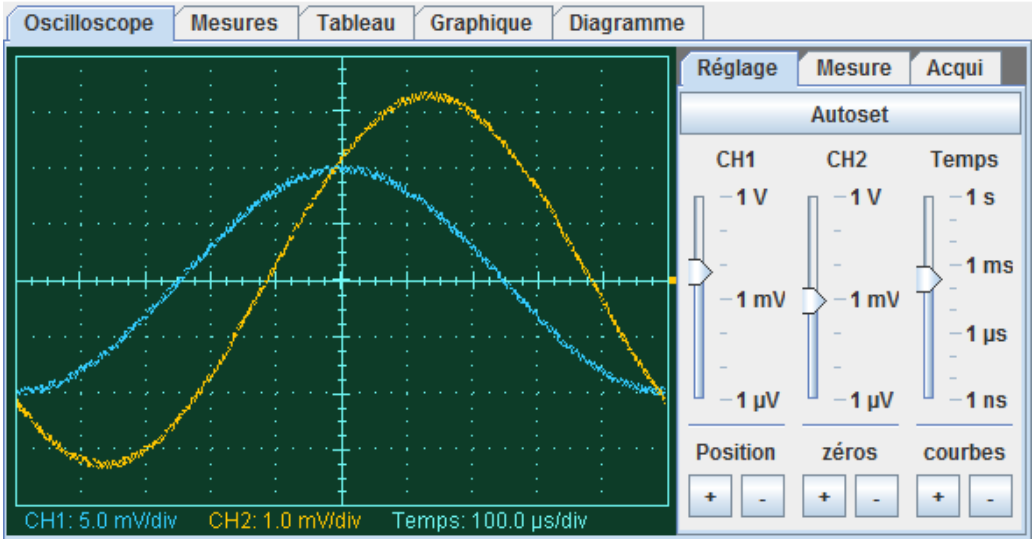

Figure 4: L'onglet réglage

5.3. Les mesures – Onglet Mesure

Vous pouvez grâce à cet onglet, faire toutes les mesures nécessaires à votre expérience.

La partie gauche vous permet de placer des curseurs sur l'écran de l'oscilloscope et de visualiser des différences en temps ou en tension.

Sélectionnez la case Curseurs pour les afficher et dé-sélectionnez-là pour les faire disparaître de l'écran.

Vous pouvez choisir si vous voulez utiliser des curseurs verticaux (sur l'échelle des temps) ou horizontaux (soit sur l'échelle de CH1 soit sur celle de CH2). Puis vous devez utiliser les boutons +/- pour déplacer les curseurs. Les valeurs des abscisses ou respectivement des ordonnées des curseurs ainsi que la différence entre les deux (delta) s'inscrivent alors sur la partie basse.

Sur la partie gauche, vous pouvez lire un certain nombre de mesures automatiques pour chacune des voies telles que la valeur de la période du signal, sa fréquence, son amplitude (réelle, crête à crête).

5.4. L'acquisition – Onglet Acqui

Cet onglet vous permet d'afficher ou pas les voies (CH1 et CH2) et d'en ajouter d'autres.

Vous pouvez ainsi afficher la courbe CH1-CH2 ou CH2-CH1 à l'aide de la fonction Math. Sélectionnez cette fonction puis choisissez laquelle de ces opérations vous voulez utiliser. La courbe s'affiche alors à l'écran (couleur verte).

Attention

Pour utiliser cette fonction sur l'oscilloscope, il est nécessaire que les échelles de CH1 et CH2 soient les mêmes sinon les résultats seraient erronés.

Vous avez aussi le choix d'utiliser la fonction XY de l'oscilloscope. Cette fonction vous permet d'afficher la courbe des valeurs issues de la voie 2 en fonction de celles issues de la voie 1.

6. Le panneau « Mesures »

Vous avez la possibilité d'effectuer des mesures en temps réel. Choisissez dans la liste des composants l'appareil de mesure que vous voulez ajouter et placez-le sur votre circuit.

Rappel

Un ampèremètre se branche en série, quant au wattmètre et voltmètre, ils doivent être branchés en parallèle.

Dès qu'un appareil de mesure est créé, il s'affiche dans la liste des appareils dans l'onglet mesure (dans la limite de cinq appareils de mesure de chaque type). Ils sont classés par type: Ampèremètre, Voltmètre, Wattmètre. Sélectionnez l'appareil dont vous voulez lire la valeur, celle-ci s'inscrit sur l'afficheur digital correspondant.

Vous avez la possibilité de choisir l'unité de mesure dans les listes au dessus de chaque afficheur. Vous pouvez effectuer des changements sur le circuit, les valeurs s'actualisent automatiquement.

Attention

Si l'affichage est **OFF_RANGE**, cela veut dire que le calibre est inadapté à la valeur numérique mesurée c'est à dire que la longueur du texte à afficher dépasse la longueur maximale de l'affichage de l'appareil.

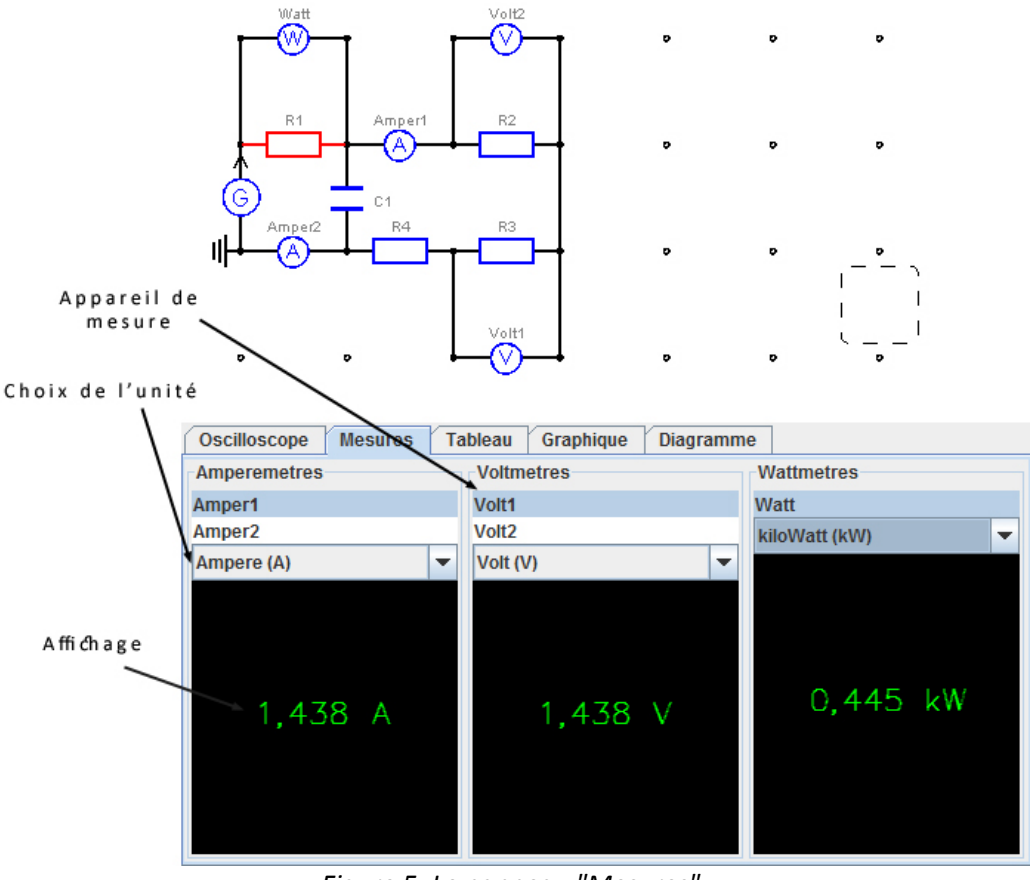

Figure 5: Le panneau "Mesures"

7. Le tableau

7.1. La configuration des données d'entrée

L'onglet « Tableau » sert à étudier le comportement des grandeurs physiques du circuit que vous avez construit en fonction de la variation de certains de ses éléments. Par exemple, vous pouvez regarder l'évolution de l'intensité en fonction de la variation d'une résistance.

Sélectionnez dans la première étape l'élément dont vous voulez faire varier sa valeur (résistance, condensateur ou bobine), puis, dans la deuxième choisissez l'appareil de mesure dont vous voulez étudier l'évolution. Tapez enfin les valeurs minimale (min) et maximale (MAX) entre lesquelles la valeur de l'élément précédemment sélectionné va prendre des valeurs et en fin appuyez sur le bouton «Affiche» .

7.2. Les résultats

Les valeurs seront affichées dans un tableau ainsi que l'allure de la représentation graphique. De plus, en appuyant sur le bouton « droite » lorsqu'il est activé (si l'approximation avec une droite est possible ou non), vous pouvez obtenir lorsque c'est possible le tracé de la droite de régression et son équation.

Attention!

Les coordonnées des points ainsi que l'équation de la droite de régression sont écrits avec les unités de base (A, V, F) et pas des unités dérivées (mA, mV, mF, kA, kV ou µF) .

Les valeur numériques des amplitudes sont calculées toujours en utilisant un courant sinusoïdal.

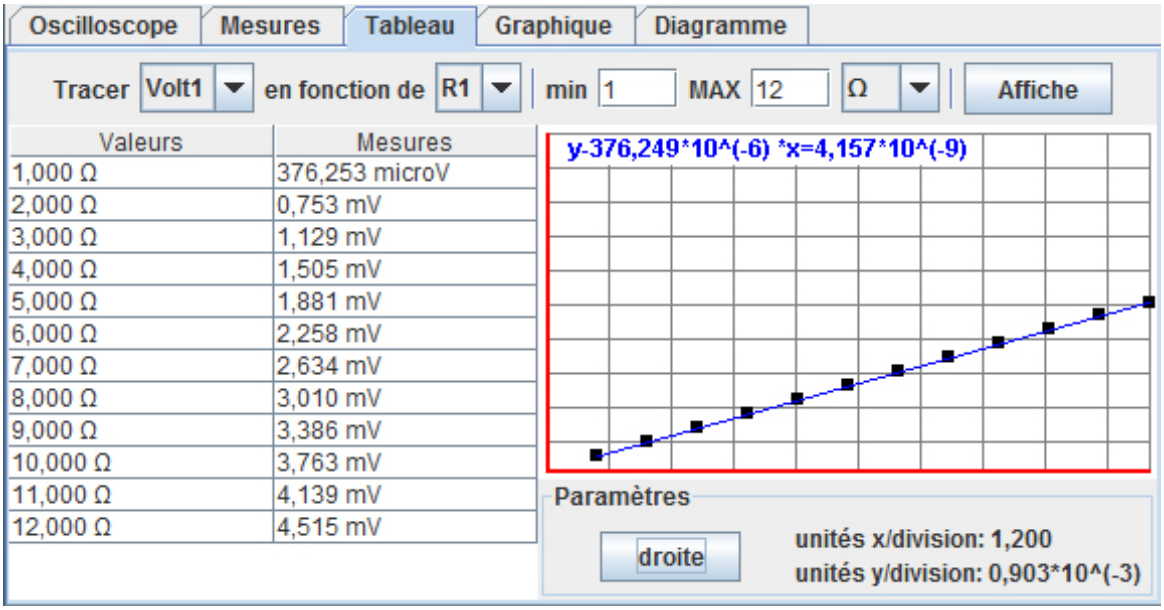

Figure 6: Le panneau "Tableau"

8. LE GRAPHIQUE

8.1. Introduction

L'onglet graphique permet de visualiser des courbes correspondantes aux différents instruments de mesure ajoutés par l'utilisateur dans le circuit (ampèremètre, voltmètre, wattmètre) ainsi que des graphiques associés aux tableaux des points de l'onglet Tableau.

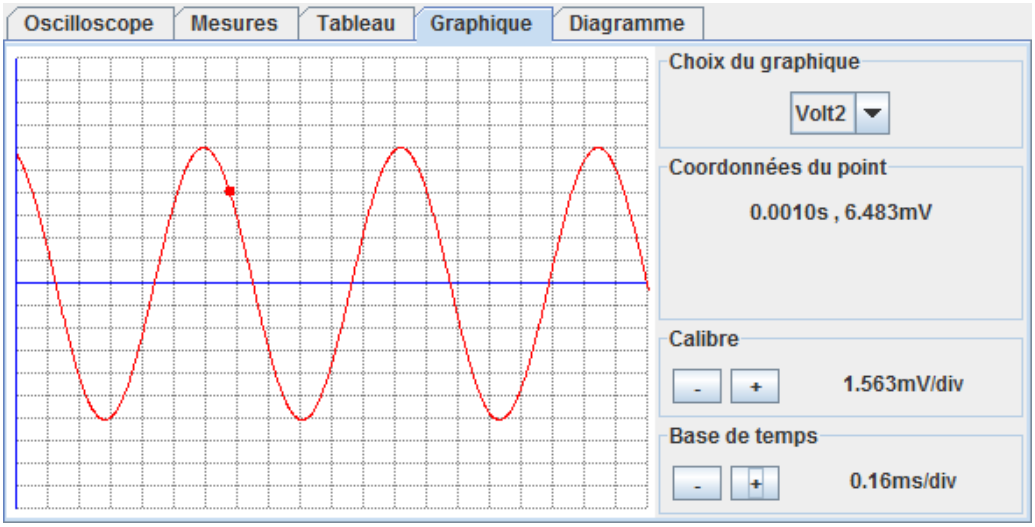

Figure 7: Le graphique

8.2. Utilisation

Pour choisir la courbe souhaitée vous pouvez soit sélecter directement dans le circuit l'appareil de mesure dont vous voulez visualiser le graphique soit la choisir de la liste situé dans le sous-onglet « Choix du graphique ».

Ensuite vous pouvez ajuster l'échelle de la courbe à l'aide des boutons « + » et « - » dans les sous-onglets « Calibre » / « Axe y » et « Base de temps » / « Axe x ». Chaque fois la longueur des divisions va s'afficher.

Pour avoir une meilleure idée en ce qui concerne les valeurs des points sur la courbe vous pouvez cliquer directement sur le graphique. Vous observerez un point rouge qui suivra le curseur et le sous-onglet « Coordonnées du point » s'activera en vous montrant l'abscisse et l'ordonnée du point rouge.

De plus, vous pouvez visualiser l'évolution de la courbe en fonction de l'évolution des valeurs des différents éléments du circuit en les modifiant directement dans les deux menus de paramétrage: « Paramétrage de la source » et « Paramétrage du composant ». Le graphique va s'échanger automatiquement.

9. Le diagramme de Bode

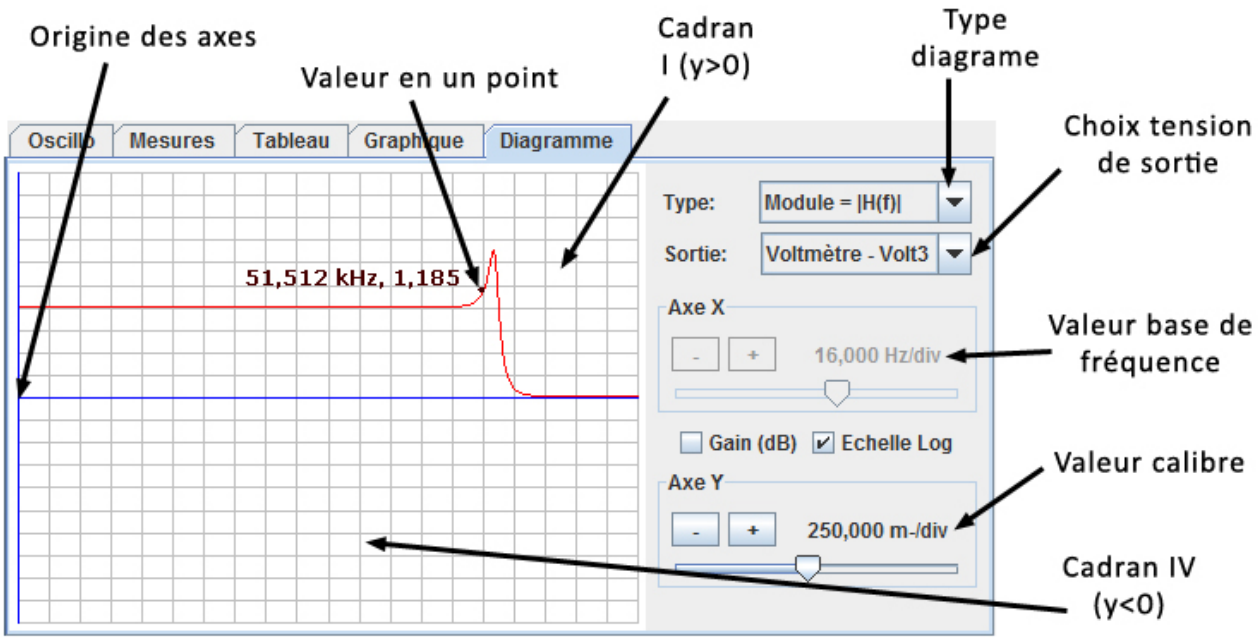

Figure 8: Le panneau "Diagramme"

9.1. Introduction

Le **diagramme de Bode** est un moyen de représenter le comportement fréquentiel d'un système. Il permet une résolution graphique simplifiée, en particulier pour l'étude des fonctions de transfert de systèmes analogiques.

Le diagramme de Bode d'un système de réponse fréquentiel est $H(j\omega)$ composé de deux tracés :

- le gain (ou amplitude) en décibels (dB). Sa valeur est calculée à partir de $20 \cdot \log(|H(j\omega)|)$
- la phase en degrés, donnée par $\arg(H(j\omega))$

L'échelle des pulsations est souvent logarithmique et est exprimée en Hz (Hertz). L'échelle logarithmique permet un tracé très lisible, car composé majoritairement de tronçons linéaires.

9.2. Les données d'entrée

Pour tracer le diagramme, le logiciel doit savoir quelle est la tension de sortie considérée, car la fonction de transfert s'exprime comme:

$$\underline{H(j\omega)} = \frac{\underline{vs}}{\underline{ve}}$$

avec $\underline{vs}$ - la tension de sortie et $\underline{ve}$ la tension d'entrée (en formes complexes).

Attention

La tension d'entrée est toujours considérée comme étant le générateur (G).

Pour identifier la tension de sortie, il faut placer un voltmètre dans le circuit. C'est pourquoi dans la liste des choix pour la tension de sortie (Sortie) vous trouverez seulement les voltmètres du circuit.

9.3. La configuration de la courbe

Le diagramme comporte deux cadrans (le Cadran I et Cadran IV) car seulement les fréquences positives sont représentées. Par défaut, l'application vous montre ces deux cadrans. Pour une étude plus détaillée de la fonction de transfert, vous pouvez réduire le tracé sur un seul cadran, en cliquant sur le cadran respectif. Pour revenir aux deux cadrans, il suffit de cliquer encore une fois sur le graphique.

I. L'AXE DES FRÉQUENCES (OX)

L'axe des fréquences comporte 18 divisions égales dont la valeur est affichée dans la zone de texte droite (en Hz/div). En effet, cette valeur correspondra à la différence entre deux points sur l'axe.

Pour une représentation logarithmique du Diagramme de Bode, la valeur d'une division devient une puissance de 10 et la zone de texte affichera la valeur “10e Hz/div”. C'est à dire que le rapport entre deux divisions successives sera 10. Enfin, dans le cas de la représentation logarithmique, le centre de l'axe des abscisses correspondra à $x=0$ et donc à une fréquence de 1 Hz (car $10^0=1$).

II. L'AXE DE GAIN/PHASE (OY)

L'axe des ordonnées peut représenter différentes grandeurs physiques.

Dans le cas ou le diagramme est de type module, cet axe peut représenter:

- le gain en tension (exprimé en décibels dB): $G=20\cdot\log(|H(j\omega)|)$
- le module de la fonction de transfert (sans unité): $|H(j\omega)|=\left|\frac{vs}{ve}\right|$

Si le diagramme de phase est représenté, l'axe des ordonnées sera exprimé en:

- radians $(\pi=180^\circ)$
- dégrées (°)

9.4. L'exploitation des données

Pour étudier le diagramme de manière plus quantitative, vous pouvez relevez les valeurs numériques en des points spécifiques en survolant avec le souris le tracé du diagramme. Ensuite, le logiciel vous affichera les coordonnées du point (un point rouge apparaitra), c'est à dire la fréquence et la valeur du gain/phase (voir la Figure 9).

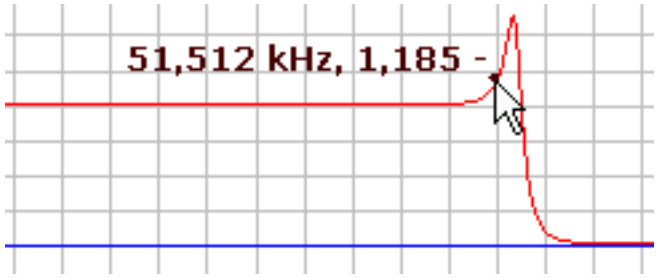

Figure 9: Valeurs numériques dans un point

10. CONTACT

Pour d'autres questions, problèmes ou rapports des erreurs, n'hésitez pas à nous contacter.

*Monica Golumbeanu (*monica.golumbeanu@insa-lyon.fr*)*

*Pauline Lambert (*pauline.lambert@insa-lyon.fr*)*

*Florin Medrea (*florin.medrea@insa-lyon.fr*)*

Andrea Ocello (andrea.ocello@insa-lyon.fr)